



普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

模具制造工艺学

MUJU ZHIZAO GONGYIXUE

主 编 张 霞 初旭宏

副主编 张 丹 王德成 潘庆和 赵昌葆

主 审 王新荣



Manufacturing
Process



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

模具制造工艺学

主 编 张 霞 初旭宏

副主编 张 丹 王德成 潘庆和 赵昌葆

主 审 王新荣

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书较全面、系统地阐述了各种模具制造方法的基本原理、特点和加工工艺。全书共 8 章，主要内容包括：模具制造工艺基础知识；模具的机械加工、数控加工、特种加工方法；典型模具零件制造工艺；模具装配工艺基础；模具快速成型制造技术等。

本书可作为机械设计制造及其自动化专业和材料成型及控制工程专业、高职高专模具设计与制造专业及成人教育的教学用书，也可供从事模具设计、制造的技术人员参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容
版权所有·侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

模具制造工艺学/张霞, 初旭宏主编. —北京: 电子工业出版社, 2011.5

(普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材)

ISBN 978-7-121-13373-2

I. ①模… II. ①张… ②初… III. ①模具—制造—生产工艺—高等学校—教材 IV. ①TG760.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 075126 号

策划编辑: 李 洁 (lijie@phei.com.cn)

责任编辑: 李 洁 特约编辑: 刘 忠

印 刷: 北京京师印务有限公司

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16.75 字数: 442 千字

印 次: 2011 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 32.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

模具是现代工业生产中应用极为广泛的基础工艺装备，模具技术已成为衡量一个国家产品制造水平的重要标志之一。面对快速增长的模具工业，我国模具制造业急需培养出大批具有较强解决生产实际问题能力的应用型模具技术人才。本书正是为了适应模具制造业人才培养的需要，以“易教易学”为核心思想，以“够用、实用、新用”为基本原则，在总结多年的教学实践基础上而编写的。

本书主要讲授模具制造工艺基础知识；模具的机械加工、数控加工、特种加工方法；典型模具零件制造工艺；模具装配工艺基础；模具快速成型制造技术等。建议授课学时为 40~60 学时。

本书编写过程中，力求将模具的传统制造技术与现代制造技术相结合，基本原理与工程实践相结合，尽量反映国内外先进的模具制造技术。模具制造工艺基础知识主要介绍模具制造工艺规程的制定原则和方法、模具制造的技术要求以及技术经济指标。模具的特种加工是以电火花成型加工和电火花线切割加工为重点，同时编入了其他先进的特种加工方法。典型模具零件制造工艺主要介绍模架组成零件、模具工作零件（成型凸模、凹模型孔及型腔）的加工工艺，并通过大量工程实例进行说明。为了适应模具技术发展的需要，本书增加了模具数控加工和快速成型制造技术的内容。本书从生产实际出发突出实用性，内容简明精炼，通俗易懂。

本书由张霞、初旭宏任主编，张丹、王德成、潘庆和任副主编，佳木斯大学王新荣教授任主审。全书共 8 章，第 1 章由佳木斯职业技术学院潘庆和编写，第 2 章和第 3 章由佳木斯大学初旭宏编写，第 4 章由黑龙江农业职业技术学院王德成编写，第 5 章和第 6 章由佳木斯大学张霞编写，第 7 章和第 8 章由黑龙江科技学院张丹编写，其中第 3 章的 3.4 节，第 6 章的 6.1 节以及附录由沈阳航空航天大学赵昌葆编写，在编写过程中，参考了一些相关书籍及资料，谨此致谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
2011 年 2 月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 模具工业在国民经济中的重要地位	(1)
1.2 模具制造技术的历史、现状及发展趋势	(1)
1.3 模具制造的基本要求与特点	(4)
1.4 模具的分类与主要加工方法	(5)
1.5 本课程的性质、任务与学习方法	(13)
思考题和习题	(14)
第2章 模具制造工艺基础知识	(15)
2.1 模具制造的技术要求	(15)
2.1.1 冷冲模制造的技术要求	(15)
2.1.2 塑料模制造的技术要求	(18)
2.2 模具制造工艺规程的制定	(20)
2.2.1 基本概念	(20)
2.2.2 制定工艺规程的原则和步骤	(23)
2.2.3 模具零件的工艺分析	(25)
2.2.4 定位基准的选择	(31)
2.2.5 工艺过程的制定	(35)
2.2.6 加工余量与工艺尺寸计算	(40)
2.2.7 机床及工装的选择	(44)
2.3 模具的技术经济指标	(45)
思考题和习题	(48)
第3章 模具的机械加工	(49)
3.1 车削加工	(49)
3.1.1 普通车削	(49)
3.1.2 成型车削	(52)
3.2 铣削加工	(53)
3.2.1 普通铣削	(54)
3.2.2 仿形铣削	(56)
3.3 刨削和插削加工	(60)
3.3.1 刨削加工	(60)
3.3.2 插削加工	(62)
3.4 镗削加工	(63)
3.4.1 坐标镗床及其加工原理	(63)
3.4.2 坐标镗削加工工艺	(66)
3.5 磨削加工	(68)

3.5.1	一般磨削·····	(69)
3.5.2	坐标磨削·····	(70)
3.5.3	成型磨削·····	(73)
3.5.4	光学曲线磨削·····	(82)
	思考题和习题·····	(84)
第4章	模具的数控加工·····	(85)
4.1	概述·····	(85)
4.1.1	数控机床的工作原理·····	(85)
4.1.2	数控加工的特点·····	(86)
4.1.3	数控机床的组成·····	(86)
4.1.4	数控机床的分类·····	(88)
4.2	数控加工在模具制造中的应用·····	(90)
4.3	数控铣削加工工艺·····	(92)
4.3.1	数控铣削加工工艺设计的主要内容·····	(92)
4.3.2	确定加工方案的基本原则·····	(93)
4.3.3	刀具进给路线的确定·····	(93)
4.3.4	切削用量的选择·····	(94)
4.3.5	数控机床加工用工、夹具·····	(95)
4.3.6	数控铣削的工艺分析·····	(97)
4.4	数控机床的程序编制·····	(100)
4.4.1	概述·····	(101)
4.4.2	数控机床的坐标系·····	(101)
4.4.3	数控程序的构成·····	(104)
4.4.4	数控程序的指令代码·····	(105)
	思考题和习题·····	(107)
第5章	模具的特种加工·····	(108)
5.1	电火花成型加工·····	(108)
5.1.1	电火花加工原理、特点及分类·····	(109)
5.1.2	电火花加工的基本工艺规律·····	(111)
5.1.3	模具电火花穿孔加工·····	(115)
5.1.4	型腔模电火花加工·····	(121)
5.2	电火花线切割加工·····	(127)
5.2.1	电火花线切割加工原理、特点及设备·····	(127)
5.2.2	数控线切割程序编制·····	(129)
5.2.3	影响线切割工艺指标的因素·····	(131)
5.2.4	电火花线切割加工工艺·····	(133)
5.3	超声波加工与电化学加工·····	(139)
5.3.1	超声波加工·····	(139)

5.3.2 电化学加工·····	(139)
思考题和习题·····	(143)
第6章 典型模具零件制造工艺 ·····	(144)
6.1 模架制造工艺·····	(144)
6.1.1 冷冲模模架·····	(144)
6.1.2 注射模模架·····	(149)
6.2 凸模类零件的制造工艺·····	(152)
6.2.1 加工特点·····	(152)
6.2.2 圆形凸模的加工·····	(153)
6.2.3 非圆形凸模的加工·····	(154)
6.3 凹模型孔的制造工艺·····	(159)
6.3.1 加工特点·····	(159)
6.3.2 圆形成孔凹模的加工·····	(160)
6.3.3 非圆形成孔凹模的加工·····	(163)
6.4 型腔的制造工艺·····	(170)
6.4.1 回转曲面型腔的车削·····	(171)
6.4.2 非回转曲面型腔的铣削·····	(173)
6.4.3 电加工·····	(178)
6.4.4 冷挤压成型·····	(181)
6.4.5 陶瓷型铸造·····	(185)
6.4.6 合成树脂浇注成型·····	(187)
6.4.7 抛光和研磨·····	(189)
思考题和习题·····	(193)
第7章 模具装配工艺基础 ·····	(195)
7.1 概述·····	(195)
7.1.1 装配及装配精度·····	(195)
7.1.2 装配的组织形式·····	(196)
7.1.3 模具装配工艺方法·····	(197)
7.1.4 装配尺寸链计算·····	(198)
7.2 模具零件的固定方法·····	(200)
7.3 凸模与凹模间隙调整方法·····	(203)
7.4 冷冲模装配工艺·····	(206)
7.4.1 冷冲模装配的技术要求·····	(206)
7.4.2 模架的装配·····	(206)
7.4.3 凸模和凹模的装配·····	(208)
7.4.4 冲模装配的顺序·····	(210)
7.4.5 冲裁模装配实例·····	(211)
7.4.6 复合模装配实例·····	(213)

7.5	塑料模装配工艺	(215)
7.5.1	塑料模装配的技术要求	(215)
7.5.2	型芯与固定板、型腔与模板的装配	(215)
7.5.3	导柱、导套的装配	(218)
7.5.4	浇口套的装配	(219)
7.5.5	推出机构的装配	(219)
7.5.6	滑块抽芯机构的装配	(221)
7.5.7	塑料模装配实例	(225)
	思考题和习题	(227)
第 8 章	模具快速成型制造技术	(228)
8.1	快速成型技术简介	(228)
8.2	快速成型技术工艺方法	(232)
8.2.1	光固化成型法	(232)
8.2.2	叠层实体制造法	(236)
8.2.3	熔融沉积制造法	(238)
8.2.4	选择性激光烧结法	(240)
8.3	快速成型技术的制模方法	(242)
8.3.1	快速成型技术在模具制造中的应用	(242)
8.3.2	直接制模技术	(243)
8.3.3	间接制模技术	(245)
8.3.4	快速成型技术的发展趋势	(248)
	思考题和习题	(249)
附录 A	模具常用材料及选用	(250)
参考文献		(256)

第 1 章

绪 论

教学目标：了解模具工业的重要地位、模具的分类和模具技术的现状及发展趋势；掌握模具制造的基本要求与特点；掌握模具主要加工方法与制造过程。

教学重点和难点：

- ✧ 模具制造的基本要求与特点
- ✧ 模具主要加工方法与制造过程

1.1 模具工业在国民经济中的重要地位

模具是现代工业生产中的基础工艺装备，它以其自身的特殊形状通过一定的方式使原材料成型。与传统的切削加工工艺相比较，是一种少切削、无切削、多工序重合的生产方法。由于模具成型具有优质、高效、省料和互换性好等特点，所以，在国民经济各个部门得到了广泛应用，如飞机、汽车、拖拉机、电器、仪表、玩具和日常用品等工业产品的零部件大多数都采用模具进行加工。据国际生产技术协会预测，21 世纪机械零件粗加工的 75%和精加工的 50%都将由模具成型来完成。

利用模具生产零件的方法已成为进行成批或大批生产的主要技术手段，它对于保证制品质量、缩短试制周期、提高企业市场竞争力以及产品更新换代和新产品开发都具有决定性的意义。模具设计与制造部门肩负着为国民经济相关部门提供模具产品的重任。许多国家都十分重视模具工业的发展，对模具有很多的赞誉。在美国将模具称为“点铁成金”的磁力工业，德国认为其是所有工业中的关键工业，罗马尼亚将模具视为黄金，日本则认为模具是促进社会繁荣富裕的动力。

近年来，模具工业发展十分迅速。机床工业素有“工业之母”之称，在工业发达国家中占有非常重要的地位。然而据统计，一些国家模具的总产值，已超过机床工业的总产值，其发展速度超过了机床、汽车、电子等工业。模具工业已发展成独立行业，成为国民经济的基础工业之一。模具技术，特别是制造精密、复杂、大型、长寿命模具的技术，已成为衡量一个国家机械制造水平的重要标志之一。模具是“效益放大器”，用模具生产的产品的价值往往是模具价值的几十倍、上百倍。随着工业生产的迅速发展，模具工业必将在国民经济发展过程中发挥巨大作用。

1.2 模具制造技术的历史、现状及发展趋势

1. 我国模具制造的历史及现状

我国虽然很早就开始制造和使用模具，但长期以来未形成产业。建国初期，我国的工业基础

较差,模具的制造主要依靠钳工手工完成,模具的数量及品种很少,并且多为单工序模、简单复合模、少工序的级进模和机外脱模的塑料压缩模。

1956年,成型磨削开始应用于模具加工中,模具可以在淬火之后进行精加工,初步解决了模具热处理变形的问题,提高了模具寿命、质量及精度,但成型磨削只能加工分体式模具。1959年,电火花成型机床开始应用于模具生产,采用电火花成型加工凹模、卸料板型孔(采用成型磨削方法加工凸模和电极),可以加工整体模具,使模具制造技术得到了较大的提高。1963年,模具开始采用电火花线切割进行加工,可加工出复杂形状、细小的型孔和外表面,大大地减轻了模具钳工的手工作业,从此模具制造技术有了质的飞跃,可以实现更为复杂、精密的模具加工。随着对模具需求的日益增加,通过引进国外模具先进技术和设备,制定模具国家标准、开发模具新材料等一系列措施,使得我国模具制造技术水平不断提高,我国的模具工业开始形成。

20世纪80年代以来,我国的模具工业发展较快,在模具技术的基础理论、模具设计与结构、模具制造加工技术、模具材料以及模具加工设备等方面都取得了实用性成果。目前,全国已有模具生产厂家数千个,职工人数十万,每年能生产上百万套模具。近年来,我国模具技术的发展进步主要表现在以下几个方面。

① 模具标准化工作是代表模具工业和模具技术发展的重要标志。已经制定了冲压模、塑料模、压铸模和模具基础技术等50多项国家标准,300多个标准号,模具标准件应用更加广泛,品种有所扩展,模具的商品化程度也随之大大提高。

② 研究开发了模具新钢种及硬质合金、钢结硬质合金等新材料,并采用了一些新的热处理工艺,延长了模具的使用寿命。例如,冲模广泛使用合金工具钢代替碳素工具钢,提高了模具寿命,减少了模具热处理变形。

③ 开发了一些多工位级进模和长寿命硬质合金模等新产品,并根据国内生产需要研制了一批精密塑料注射模。大型复杂冲模以汽车覆盖件模具为代表,我国已能生产部分轿车覆盖件模具。体现高水平制造技术的多工位级进模覆盖面大增,已从电动机、铁芯片模具,扩大到接插件、电子零件、汽车零件、空调器散热片等家电零件模具上。如生产的电动机定子、转子硅钢片硬质合金多工位自动级进模的步距精度可达 $2\mu\text{m}$,寿命达1亿次以上;塑料模具已能设计制造汽车保险杠和整体仪表盘等大型注射模,彩色电视机、洗衣机和电冰箱等精密、大型注射模,塑料模热流道技术日臻成熟,气体辅助注射技术已开始采用;压铸模方面已能生产自动扶梯整体梯级压铸模及汽车后桥齿轮箱压铸模等。

④ 在模具生产中采用了许多新工艺和先进设备,不仅改善了模具的加工质量,也提高了模具制造的机械化、自动化程度。如电火花加工、电解加工、电铸加工、陶瓷型精密铸造、挤压成型(冷挤压、热挤压、超塑成型)技术以及利用照相腐蚀技术加工皮革纹等加工技术已在型腔加工中被采用。特别是模具成型表面的特种加工工艺的研究和发展,使模具加工的精度和表面粗糙度都有很大的改善;为了满足新产品试制、小批量生产的需要,我国模具行业制造了多种结构简单、生产周期短、成本低廉的简易冲模,如钢皮冲模、聚氨酯橡胶模、低熔点合金模具、锌合金模具、组合模具、通用可调冲孔模具等。模具加工设备是提高模具制造水平的关键,国内已能批量生产精密坐标磨床、数控铣床、数控电火花线切割机床、高精度电火花成型机床、精密电解加工机床、三坐标测量仪、挤压研磨机等模具加工和测量用的精密高效设备。如为了对硬质合金模具进行精密成型磨削,研制成功了单层电镀金刚石成型磨轮和电火花成型磨削专用机床。数控铣床、加工中心等设备已在模具生产中广泛使用,电火花和线切割加工已成为冷冲模制造的主要手段。

⑤ 模具计算机辅助设计和计算辅助制造(模具CAD/CAM)已在国内得到了广泛的开发应用。三维造型软件和仿真软件的广泛应用,不仅能自动编程,还能进行干涉检查,保证设计和工

艺的合理性。

2. 存在的问题

尽管我国模具工业发展较快,制造技术水平也在逐步提高,但与工业发达国家相比仍存在较大差距,主要表现在专业化和标准化程度低、模具品种少、制造周期长、精度差、寿命短。

模具是一种生产效率很高的工艺装备,其生产多为单件生产,因此,给模具生产带来了许多困难,为了减少模具设计和制造的工作量,模具零件的标准化工作尤为重要。标准化的模具零件可以组织批量生产,并向市场提供这些模具的标准零件和组件。制造一种新模具只需要制造那些非标准零件,再将它和标准零件装配起来便成为一套完整的模具,从而使模具的生产周期缩短,制造成本降低。

由于我国专业化生产和标准化程度低,大多数模具工厂规模小,先进设备不多,外购的标准件少,几乎全部零件都需自己加工,导致模具生产周期很长,加工精度不高,成本则较高。与进口模具比,国产模具价格低,模具材料较差,新材料使用少,加工精度和加工质量都较低,因此模具寿命短。许多模具(尤其是精密、复杂、大型模具)由于国内不能制造,不得不从国外高价引进。为了尽快改变这种状况,国家已采取了许多措施促进模具工业的发展,使之尽快掌握生产精密、复杂、大型、长寿命模具的技术,使模具生产基本适应各行业产品发展对模具的需求。

根据我国模具技术发展的现状及存在的问题,今后工作的方向如下:

- ① 开发和发展精密、复杂、大型、长寿命的模具,以满足国内市场的需要;
- ② 加速模具的标准化和商品化,以提高模具质量,缩短模具生产周期;
- ③ 大力开发和推广应用模具 CAD/CAM/CAE 技术,提高模具制造自动化程度;
- ④ 积极开发模具新品种、新工艺、新技术和新材料;
- ⑤ 发展模具加工成套设备,以满足高速发展的模具工业需要。

3. 模具制造技术的发展趋势

随着社会经济的不断发展,工业产品的品种增多、产品更新换代加快,市场竞争日益激烈。因此,模具制造质量的提高和生产周期的缩短显得尤为重要,促使模具制造技术的发展出现以下趋势。

(1) 模具粗加工技术向高速加工发展

以高速铣削为代表的高速切削加工技术代表了模具零件外形表面粗加工发展的方向。其主轴速度可达 $40000\sim 100000\text{r/min}$,进给速度可达 $30\sim 40\text{m/min}$,换刀时间可提高到 $1\sim 2\text{s}$,模具硬度可达 60HRC ,表面粗糙度小于 $Ra1\mu\text{m}$ 。高速铣削可以大大改善模具表面质量状况,并大大提高加工效率和降低成本。另外,毛坯下料设备出现高速锯床、阳极切割和激光切割等高速、高效率的加工设备。还出现了高速磨削设备和强力磨削设备等。

(2) 成型表面的加工向精密、自动化发展

成型表面的精加工向数控、数字显示方向发展,推广应用数控电火花成型机床、慢走丝线切割机床、高精度连续轨迹坐标磨床、光学曲线磨床和数控成型磨床等先进加工设备,是提高模具制造技术水平的关键。

(3) 光整加工技术向自动化发展

目前,模具成型表面的研磨、抛光等光整加工仍然以手工作业为主,不仅花费工时多,而且劳动强度大和表面质量低。而工业发达国家正在研制由计算机控制、带有磨料磨损自动补偿装置的数控研磨机,可实现三维曲面模具的自动化研磨抛光,大大提高光整加工的质量和效率。

(4) 快速成型加工模具技术

这一领域的高新技术——快速原型制造(RPM)技术由美国首先推出,是伴随着计算机技术、激光成型技术和新材料技术的发展而产生的,被公认为是继数控技术之后的一次技术革命。它是通过计算机控制逐层堆积材料来制造复杂形状的实体样件或模具零件,不用工装和刀具就能实现零件的单件生产,可大幅度缩短制模周期,使模具设计和制造更加快速、经济、实用,对于多品种、小批量产品的生产具有重要的意义。

(5) 模具 CAD/CAM 技术将有更快的发展

模具设计中常用的绘图软件有 CAD、CAXA 电子图板,常用的三维造型和加工软件有 PRO/E、UG、CAXA 机械制造工程师、MESTERCAM 等。用于模具设计制造的计算机软件日趋完善,并向智能化、集成化方向发展。运用三维造型和加工软件,可生成刀具轨迹并输出加工程序代码,通过仿真进行加工精度检查和干涉检查,从而保证设计和工艺的合理性。

(6) 模具标准化程度将不断提高

我国模具标准化程度正在不断提高。目前,我国模具标准件使用率为 30%,而国外发达国家一般为 80%,为了适应模具工业的发展,模具标准化程度将进一步提高,模具标准件生产也必须得到发展。尽量使用模具标准件和标准模坯,将一般模具零件和粗加工等工序由外加工完成,通过社会化协作生产,可大幅度缩短制模周期,降低模具成本。

(7) 模具结构向大型化、精密化和多功能复合化方向发展

一模多腔、大型多工位级进模、大型复合模等高效模具的使用越来越广泛。在多工位级进模上开发多功能复合模,如将冲压、叠片、攻螺纹、铆接等工序复合在一副模具中的电动机铁芯组件多功能复合模,一副模就能生产成批的组件。超精加工和集电、化学、超声波、激光等技术综合在一起的复合加工将得到发展。

1.3 模具制造的基本要求与特点

1. 模具制造的特点及基本要求

在现代工业生产中,模具是重要的工艺装备之一。模具作为工具用于制件的大批量生产中,它具有优质、高效、低耗等特点,而它作为产品被制造则属于单件、小批量的生产类型。对模具零件的制造及其装配都有较高的要求,除标准件、组合件可批量生产或由专业厂提供外,模具上的主要零件均需要单独制造,而且组成模具的零件(包括标准件)必须成套地组织供应和加工。对于需要用多套模具进行成型产品的生产用模具,还应使它们的制造具有成型工序的成套性,即一个产品的成型所需要的所有模具必须成套地组织生产,这样可有效地保证制件质量。

由于模具的主要零件是成套性的单件、小批量生产,因此,加工方法视其加工条件而有较大的差异。模具的制造不仅有普通加工工艺作为基础,而且更多地采用了特种加工工艺作为保障,并且在制造过程中采用配作、调整的方法进行。模具制造的生产周期较长,成本也较高。随着新设备、新工艺、新技术的不断应用,模具制造的不足之处将逐步改善。

在工业生产中,应用模具的目的在于保证产品质量,提高生产率和降低成本等。为此,除了正确进行模具设计外,还必须以先进的模具制造技术作为保证。制造模具时,不论采用哪一种方法都需要满足如下几个基本要求。

(1) 制造精度高

模具制造不仅要求加工精度高,而且还要求加工表面质量要好。模具精度主要是由制品精度和模具结构的要求来决定的,为了保证制品精度,模具的工作部分精度通常要比制品精度高2~4级。一般来说,模具工作部分的制造公差都应控制在 $\pm 0.01\text{mm}$ 以内,有的甚至要求在微米级范围内;模具加工后的表面不仅不允许有任何缺陷,而且工作部分的表面粗糙度应小于 $Ra0.8\mu\text{m}$ 。此外,还应保证装配质量。

(2) 使用寿命长

模具是比较昂贵的工艺装备。目前,模具制造费用约占产品成本的10%~30%,其使用寿命长短将直接影响产品的成本高低。因此,除了小批量生产和新产品试制等特殊情况下,一般都要要求模具有较长的使用寿命,在大批量生产的情况下,模具的使用寿命更加重要。

(3) 制造周期短

模具制造周期的长短主要决定于制模技术和生产管理水平的高低。为了满足生产的需要,提高产品的竞争能力,必须在保证质量的前提下尽量缩短模具的制造周期。

(4) 模具成本低

模具成本与模具结构的复杂程度、模具材料、制造精度要求及加工方法等有关。模具技术人员必须根据制品要求合理设计和制定其加工工艺。

2. 模具制造的工艺特点

模具制造属于机械制造范畴,但与一般机械制造相比,它具有制造精度高、形状复杂、材料硬度高、单件生产等特点。

1) 从制造角度考虑,影响制造的主要因素如下:

① 表面“外表面加工”较“内表面加工”容易,规则表面比异型表面加工容易,型孔较型腔加工容易。

② 精度:精度提高则制造难度可能成几何级数增加。

③ 表面粗糙度:占用制造时间较多(一般多达1/3)。

④ 型孔和型腔的数量:增加了模具的复杂性和制造难度。

⑤ 热处理:影响各道工序的生产率。

2) 目前,由于我国模具加工的技术手段还普遍偏低,同时具有上述生产特点,因此,我国模具制造上的工艺特点主要表现为:

① 模具加工上尽量采用万能通用机床、通用刀量具和仪器,尽可能地减少专用二类工具的使用数量。

② 在模具设计和制造上较多地采用“实配法”、“同膛法”等,使模具零件的互换性降低,但这是保证加工精度,减小加工难度的有效措施。今后随着加工技术手段的不断改进,互换性程度将会逐渐提高。

③ 在制造工序安排上,工序相对集中,以保证模具加工质量和进度,简化管理和减少工序周转时间。

1.4 模具的分类与主要加工方法

在工业生产中,为适应不同制品零件的用途及生产,模具的种类很多。根据成型方法、材料

和设备不同,模具可分为冲压模具和型腔模具两大类。型腔模具又可分为塑料模、锻模、压铸模、粉末冶金模、陶瓷模、橡胶模、玻璃模等。模具的主要分类见表 1-1。

表 1-1 模具的分类

类 别	成 型 方 法	成型加工材料	模 具 材 料
冲压模	冲裁 弯曲 拉深 压缩	金属	工具钢、硬质合金 工具钢、铸铁 工具钢、铸铁 工具钢、硬质合金
塑料模	压制成型 注射成型 挤出成型 吹塑成型 真空成型	热固性塑料 热塑性塑料 热塑性塑料 热塑性塑料 热塑性塑料	硬钢 硬钢 硬钢 硬钢、铸铁 铝
锻模	模锻成型	金属	锻模钢
压铸模	压铸成型	锌合金、铅、锡 铝合金、镁铜合金	耐热钢
粉末冶金模	压力成型	金属	合金工具钢、硬质合金
陶瓷模	压力成型	陶瓷粉末	合金工具钢、硬质合金
橡胶模	压力成型 注射成型	橡胶	钢 钢、铸铁、铝
玻璃模	压模 吹模	玻璃	铸铁、耐热钢 铸铁

1. 冲压模具

冲压模具简称冲模,它是对金属板料或型材进行冲压加工的模具,也可以冲压一些非金属板料。其使用的配套成型设备是压力机。

在冷冲压生产中,冲模又分很多种。按工序性质不同,可分为冲裁模、弯曲模、拉深模、成型模、冷挤压模等;按工序组合方式,可分为单工序冲模、连续模和复合模等;按冲模导向方式,可分为无导向冲模、有导向冲模;按模具使用材料,可分为钢制冲模、钢板模、硬质合金冲模及低熔点合金冲模、锌基合金冲模、橡胶冲模等;按生产适应性,可分为通用冲模、组合冲模、专用冲模等;按机械化程度,可分为手工操作冲模、半自动冲模及自动冲模等;按生产管理形式,可分为小型冲模、中型及大型冲模等。

下面以冷冲模为例,说明其成型过程及特点。冷冲模是指在室温下把金属或非金属板料放在模具内,通过压力机和模具对板料施加压力,使板料发生分离或变形制成所需零件的模具。下面介绍各类冷冲模成型的特点。

(1) 冲裁模

冲裁模可将一部分材料与另一部分材料分离。图 1-1 所示为落料模结构形式,它的成型特点是将材料封闭的轮廓分开,而最终得到的是一平整的零件。图 1-2 所示为一冲孔模结构,它是将零件内的材料与封闭的轮廓分离,使零件得到孔。

(2) 弯曲模

弯曲模可将板料或冲裁后的坯料通过压力在模具内弯成一定的角度和形状。图 1-3 所示的弯曲模是将平直的板料压成带有一定角度的弯曲形状。

(3) 拉深模

拉深模可将经过冲裁所得到的平板坯料，压制成交口的空心零件。图 1-4 所示的模具是将平板的坯料拉深成筒形零件。

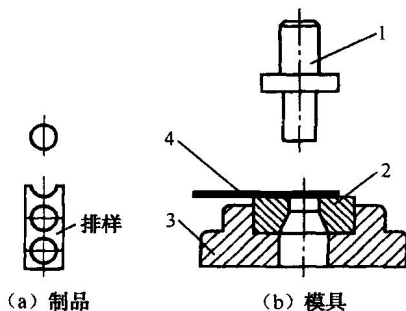


图 1-1 落料模

1-凸模; 2-凹模; 3-模座; 4-板料

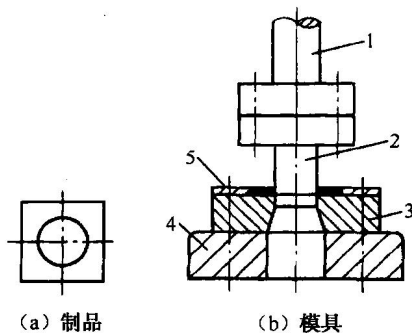


图 1-2 冲孔模

1-模柄; 2-凸模; 3-凹模; 4-模座; 5-定位板

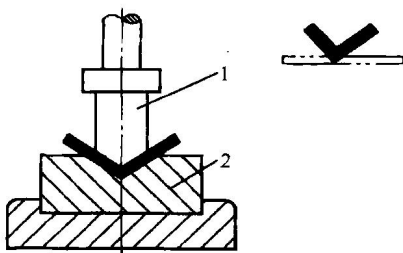


图 1-3 弯曲模

1-凸模; 2-凹模

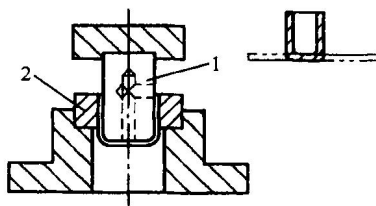


图 1-4 拉深模

1-凸模; 2-凹模

(4) 成型模

成型模是用各种局部变形的方法来改变零件或坯料的形状。图 1-5 所示的是将空心件或管件毛坯的端部由外向内压缩，以缩小其口径成为所要求的零件形状。

(5) 冷挤压模

冷挤压模是室温下在模具型腔内将金属坯料加压，使其产生塑性变形，挤压成所需的形状、尺寸及性能的零件。图 1-6 所示的是将一部分金属在压力作用下，冲挤到凸凹模形成的型腔内，使毛坯变成所需要的空心零件。

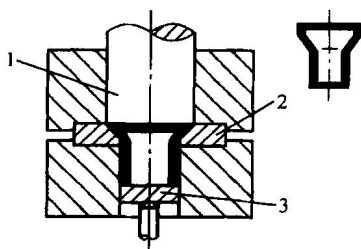


图 1-5 成型模

1-凸模; 2-凹模; 3-顶件器

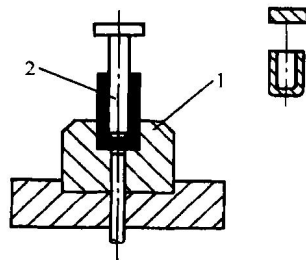


图 1-6 冷挤压模

1-凹模; 2-凸模

2. 型腔模具

型腔模是指将金属或非金属材料经加热或熔融后，填入模具型腔内，经一定压力并冷却后而

形成与型腔相应形状的零件的一种模具。

(1) 塑料模

塑料模是将塑料原料制成塑料制件的模具。在工业生产中，塑料可分为热固性塑料和热塑性塑料两大类。热固性塑料加热即能固化，但一旦固化即使再加热也不再软化；热塑性塑料则加热即软化，冷却即固化。因此，塑料模又分为热固性塑料压缩模、压注模和热塑性塑料注射模及挤塑模、吹塑模、吸塑模、发泡成型模等多种结构形式。无论采用哪种形式模具成型零件，从原理上都要使塑料经过熔化、流动、固化三个阶段。

常见塑料模的成型过程如下：

① 压缩模的成型过程。将热固性塑料放在模具型腔内，在压力机上通过加热板对其加热、加压后使其软化充满型腔，经保温、保压一定时间后，软化的塑料就固化成与型腔相应形状的零件，如图 1-7 所示。

② 挤塑模的成型过程。将塑料放入专用的加料室内，通过压力机加热、加压，使受热而软化的塑料经过浇注系统挤入模具型腔内，待型腔填满固化后即可形成所需的零件，如图 1-8 所示。

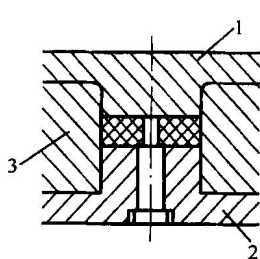


图 1-7 塑料压缩模

1-上模；2-下模；3-模套

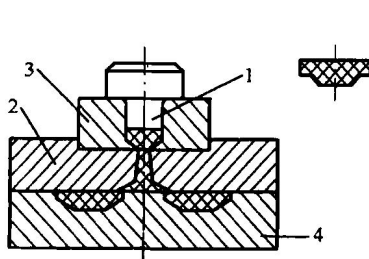


图 1-8 塑料挤塑模

1-压料柱塞；2-浇注口模板；3-加料室；4-型腔

③ 注射模的成型过程 将热塑性塑料放入专用的注射机料筒内，通过加热使其熔化成流动状态，再以较高的速度和压力，通过推杆将其注入模具型腔内，待其固化后，形成所需要的零件，如图 1-9 所示。

(2) 锻模

锻模是在锻压设备上实现模锻工艺的装备，是热模锻的主要工具。根据使用设备的不同，锻模又可分为锤锻模、机械压力机锻模、螺旋压力机锻模、平锻模、胎模等多种类型。锻模的成型过程如图 1-10 所示，将金属毛坯加热后放在模膛内，利用锻锤的压力使材料发生塑性变形，待充满型腔后，形成所要求形状的零件。

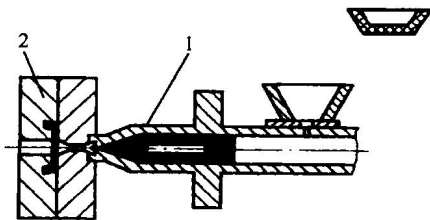


图 1-9 塑料注射模

1-注射筒；2-模具型腔

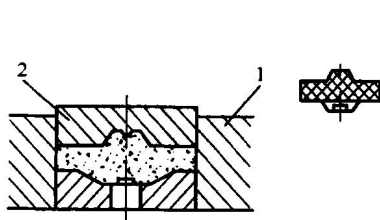


图 1-10 锻模

1、2-锻模模膛

(3) 压铸模

压铸模是用压力铸造方法获得锡、铅、锌、铝、镁、铜等各种合金材料铸件的模具。如图 1-11

所示,把经加热熔化成液体的有色金属合金,放入压铸机的加料室内,用压铸机活塞加压后使其进入模具型腔内,待冷却后固化成所需要的形状的零件。采用压铸模成型的铸件表面光洁、轮廓清晰,尺寸及形状稳定、精度较高。

(4) 粉末冶金模

粉末冶金模是将金属粉末压制成制品零件的模具。根据成型零件的材料、性能、形状及精度要求,粉末冶金模又分为常温压模、加热压模及无压成型模、注射成型模等多种类型。而每种类型,根据其成型特点又分为成型、整型、挤压、热压、热挤、散装烧结、冷冻成型等多种结构形式。粉末冶金模的成型过程如图 1-12 所示,将混料后的合金粉末或金属粉末放入模内进行高压成型成坯件,然后将坯件在熔熔点以下的温度加热烧结而形成金属零件。

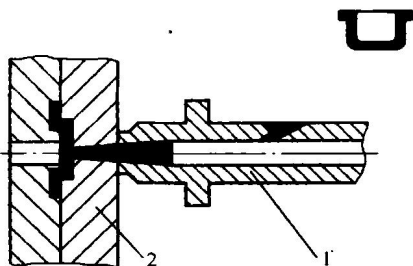


图 1-11 合金压铸模

1-加料室; 2-模具型腔图

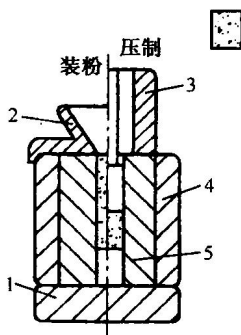


图 1-12 粉末冶金模

1-底座; 2-料斗; 3-压块; 4-模套; 5-型腔凹模

(5) 橡胶模

橡胶模是将天然橡胶或合成橡胶制成橡胶成型件的模具。根据其成型方法不同,橡胶模又分为压制模、压注模、注射模三种结构类型。但无论采用哪种类型,都应先将橡胶加热硫化后,设法灌入模具型腔内,经加压、保压而成型。橡胶模的成型过程如图 1-13 所示,将预先压延好的胶料按一定形状、尺寸下料后,直接装入模具型腔内,合模后在平板硫化机或液压机上按规定的压力和温度进行压制,使胶料在受热、受压下呈现塑性流动充满型腔,保持一定时间后而经硫化制成所需要的零件。

(6) 玻璃模

玻璃模是使熔融的玻璃原料成型所使用的模具。如制造瓶类零件的玻璃模,一般为瓶口直径比胴体直径小,所以,为了便于脱出制件,模具往往制成铰接对合结构。玻璃模的成型过程如图 1-14 所示,将熔融的玻璃原材料放入模具型腔内,利用压制或压缩空气压制或吹压使其贴近模具型腔,经冷却后而形成零件。

3. 模具的加工方法

制造模具的材料主要是金属材料。制造模具的方法很多,将金属材料加工成模具的方法主要有机械加工、特种加工、塑性加工和铸造等。作为工艺装备的模具,它不同于一般机械产品的制造,由于模具多为单件生产,同时模具还具有使用精度和制造要求高的特点。因此,模具的加工主要采用机械加工和特种加工。

(1) 机械加工

机械加工即传统的切削与磨削加工,是模具制造中不可缺少的一种重要加工方法,即使采用其他方法加工制造模具,机械加工也常作为零件粗加工和半精加工的主要方法。